

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-133825

(43)Date of publication of application : 20.05.1997

(51)Int.Cl.

G02B 6/122

(21)Application number : 08-046241

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 04.03.1996

(72)Inventor : TAKIGUCHI KOICHI
JINGUJI KANAME
OKAMOTO KATSUNARI

(30)Priority

Priority number : 07228000

Priority date : 05.09.1995

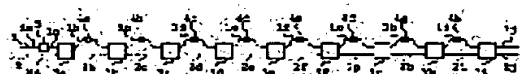
Priority country : JP

(54) LIGHT DISPERSION EQUALIZER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To shape the waveform of a signal which is distorted by being propagated in an optical fiber having dispersion by compensating even the effect of high-order dispersion in the form of a light signal as it is.

SOLUTION: The light dispersion equalizer has N+1 (N: integer) variable coupling rate directional couplers 3a-3i which couple 1st and 2nd optical waveguides 1 and 2 at different places respectively. Further, the 1st and 2nd optical waveguides 1 and 2 between two adjacent directional couplers are different in optical path length from each other and at least one of input/output parts of optical waveguide circuits provided phase controllers 4a-4b on at least one of the 1st and 2nd optical waveguides 1 and 2 between the two adjacent directional couplers is provided with a dispersion compensator 5 which compensate the variance of the optical fiber.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3262312

[Date of registration]

21.12.2001

[Number of appeal against examiner's decision]

Best Available Copy

This Page Blank (uspto)

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

This Page Blank (uspto)

2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-133825

(43)公開日 平成9年(1997)5月20日

(51)Int.Cl.⁶ 識別記号 庁内整理番号 F I 技術表示箇所
G 0 2 B 6/122 G 0 2 B 6/12 D

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 10 頁)

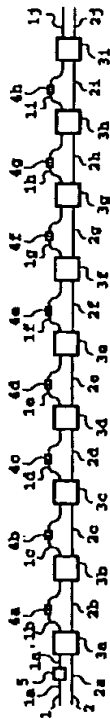
(21)出願番号	特願平8-46241	(71)出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号
(22)出願日	平成8年(1996)3月4日	(72)発明者	瀧口 浩一 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
(31)優先権主張番号	特願平7-228000	(72)発明者	神宮寺 要 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
(32)優先日	平7(1995)9月5日	(72)発明者	岡本 勝就 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
(33)優先権主張国	日本 (J P)	(74)代理人	弁理士 谷 義一 (外1名)

(54)【発明の名称】 光分散等化器

(57)【要約】

【課題】 分散を有する光ファイバを伝搬して歪を受けた信号を、光信号のままで高次分散の効果をも補償して波形整形する。

【解決手段】 光分散等化器は第1の光導波路、第2の光導波路、第1および第2の光導波路をそれぞれ異なる箇所では結合するN+1個(Nは整数)の結合率可変方向性結合器を有し、N+1個の方向性結合器の隣接する2個で挟まれたそれぞれの部分の第1および第2の光導波路の光路長は互いに異なり、かつN+1個の方向性結合器の隣接する2個で挟まれたそれぞれの部分の第1および第2の光導波路の少なくとも一方に位相制御器が設けられている光導波回路の入出力部の少なくとも一つに光ファイバの分散を補償する分散補償器を具備している。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の光導波路、第 2 の光導波路、前記第 1 および第 2 の光導波路をそれぞれ異なる箇所で結合する $N+1$ 個 (N は整数) の結合率可変方向性結合器を有し、前記 $N+1$ 個の方向性結合器の隣接する 2 個で挟まれたそれぞれの部分の前記第 1 および第 2 の光導波路の光路長は互いに異なり、かつ前記 $N+1$ 個の方向性結合器の隣接する 2 個で挟まれたそれぞれの部分の前記第 1 および第 2 の光導波路の少なくとも一方に位相制御器が設けられている光導波回路の入出力部の少なくとも一つに光ファイバの分散を補償する手段を具備していることを特徴とする光分散等化器。

【請求項 2】 第 1 の光導波路、第 2 の光導波路、 I 本 (I は 2 以上の整数) の光導波路からなる光導波路群、前記光導波路群の I 本の光導波路をそれぞれ的一端部の側で前記第 1 の光導波路の異なる箇所に結合する I 個の結合率可変方向性結合器、前記光導波路群の I 本の光導波路のそれぞれ他端部から入力された信号をまとめて前記第 2 の光導波路に出力する合流器、前記光導波路群の I 本の光導波路のそれぞれの前記方向性結合器と前記合流器の間に設けられた位相制御器を有する光導波回路の入出力部の少なくとも一つに光ファイバの分散を補償する手段を具備していることを特徴とする光分散等化器。

【請求項 3】 前記光ファイバの分散を補償する手段が光の周波数に対して線形な相対遅延時間特性を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光分散等化器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、分散を有する光ファイバを伝搬して歪みを受けた信号を、高次分散の効果 (分散特性のスロープが存在する効果、相対遅延時間特性が周波数の 2 次関数で変化する効果) をも含めて波形整形する光分散等化器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 波長 $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ に零分散を有する光ファイバ (日本縦貫光通信回線等、既設のほとんどの光ファイバ) を、最低損失帯である $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ で使用する際には、光ファイバの分散のために周波数が高くなるにつれて伝搬遅延時間 τ が小さくなる (伝搬速度が速くなる)。そのため光信号パルスの歪みが大きくなるために、伝送容量、あるいは伝送 (中継) 距離が制限される。

【0003】 分散を有する光ファイバを伝搬して歪を受けた信号を波形整形する分散等化器としては、従来から図 13 に示すような誘電体 31 の両面に金属導体 32a、32b を設けたマイクロ波ストリップラインが知られている。

【0004】 マイクロ波ストリップラインは図 14 に示す伝搬遅延時間特性を有し、光周波数が高くなるにつれ

て伝搬遅延時間 τ が大きくなる (伝搬速度が遅くなる)。ただし、図 14 において $1 \mu\text{s}$ はストリップラインの長さである。

【0005】 図 14 の遅延時間特性は前記光ファイバの遅延特性とは逆であるので、光信号を光電変換器 (光検出器) によって電気信号に変換した後に、ストリップラインを通すことによって光ファイバの分散を相殺することができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 上述した従来の構造の分散等化器では、光信号を一旦電気信号に変換して波形整形することが必須で、(1) 全光中継を行うことができない、(2) 信号周波数が高くなるとストリップラインの導体損失が増加する、(3) ヘテロダイン検波を行うコヒーレント光伝送にしか適用できない等の問題が存在する。また大部分の領域で、周波数に対して遅延時間特性は線形で変化しているため、(4) 高次分散の効果を補償することが困難である等の問題が存在する。

【0007】 本発明は上記従来技術に鑑みてなされたものであり、周波数に対して線形に変化する遅延時間特性のみを補償する従来の分散等化器とは異なり、分散を有する光ファイバを伝搬して歪みを受けた信号を、光信号のままで高次分散の効果をも補償して波形整形することを可能とし、大容量・長距離光通信に適した光分散等化器を提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は、第 1 の形態によれば、第 1 の光導波路、第 2 の光導波路、前記第 1 および第 2 の光導波路をそれぞれ異なる箇所で結合する $N+1$ 個 (N は整数) の結合率可変方向性結合器を有し、前記 $N+1$ 個の方向性結合器の隣接する 2 個で挟まれたそれぞれの部分の前記第 1 および第 2 の光導波路の光路長は互いに異なり、かつ前記 $N+1$ 個の方向性結合器の隣接する 2 個で挟まれたそれぞれの部分の前記第 1 および第 2 の光導波路の少なくとも一方に位相制御器が設けられている光導波回路の入出力部の少なくとも一つに光ファイバの分散を補償する手段を具備していることを特徴とする光分散等化器である。

【0009】 本発明は、第 2 の形態によれば、第 1 の光導波路、第 2 の光導波路、 I 本 (I は 2 以上の整数) の光導波路からなる光導波路群、前記光導波路群の I 本の光導波路をそれぞれ的一端部の側で前記第 1 の光導波路の異なる箇所に結合する I 個の結合率可変方向性結合器、前記光導波路群の I 本の光導波路のそれぞれ他端部から入力された信号をまとめて前記第 2 の光導波路に出力する合流器、前記光導波路群の I 本の光導波路のそれぞれの前記方向性結合器と前記合流器の間に設けられた位相制御器を有する光導波回路の入出力部の少なくとも一つに光ファイバの分散を補償する手段を具備していることを特徴とする光分散等化器である。

3

【0010】ここで、光ファイバの分散を補償する手段は光の周波数に対して線形な相対遅延時間特性を有する分散補償器であってもよい。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明の第1の形態において、第1の光導波路、第2の光導波路、第1および第2の光導波路をそれぞれ異なる箇所て結合する $N+1$ 個(N は整数)の結合率可変方向性結合器を有し、 $N+1$ 個の方向性結合器の隣接する2個で挟まれたそれぞれの部分の前記第1および第2の光導波路の光路長は互いに異なり、かつ $N+1$ 個の方向性結合器の隣接する2個で挟まれたそれぞれの部分の第1および第2の光導波路の少なくとも一方に位相制御器が設けられている2入力2出力の光導波回路は、位相制御器の位相と結合率可変方向性結合器の結合率を適切な値に設定することによって、周波数に関して上に凸な2次式で表される群遅延時間特性を得ることができる。

【0012】従って、上記の光回路の二つの入力部分と二つの出力部分の計4か所のうち少なくとも1か所に、光ファイバの分散を補償する手段を備え周波数の変化によって相対遅延時間を線形に変化させることによって、光ファイバの周波数に関して下に凸な2次式で表される群遅延時間特性は上記の光回路が補償し、周波数に対して線形に変化する群遅延時間特性は上記の分散補償手段が分担して補償することにより、光ファイバの分散の影響を高次分散の影響を含めて補償することが可能となる。

【0013】本発明の第2の形態において、第1の光導波路、第2の光導波路、1本(I は2以上の整数)の光導波路からなる光導波路群、光導波路群の1本の光導波路をそれぞれの一端部の側で第1の光導波路の異なる箇所て結合する1個の結合率可変方向性結合器、光導波路群の1本の光導波路のそれぞれの他端部から入力された信号をまとめて第2の光導波路に出力する合流器、前記光導波路群の1本の光導波路のそれぞれの方向性結合器と合流器の間に設けられた位相制御器を有する1入力1出力の光導波回路は、位相制御器の位相と結合率可変方向性結合器の結合率を適切な値に設定することによって、周波数に関して上に凸な2次式で表される群遅延時間特性を得ることができる。

【0014】従って、上記の光回路の一つの入力部分と一つの出力部分の計2か所のうち少なくとも1か所に、光ファイバの分散を補償する手段を備え周波数の変化によって相対遅延時間を線形に変化させることによって、光ファイバの周波数に関して下に凸な2次式で表される群遅延時間特性は上記の光回路が補償し、周波数に対して線形に変化する群遅延時間特性は上記の分散補償手段が分担して補償することにより、光ファイバの分散の影響を高次分散の影響を含めて補償することが可能となる。

4

【0015】

【実施例】以下に図面に示す実施例を参照して本発明を詳細に説明する。

【0016】図1に本発明による光分散等化器の第1の実施例を示す。図1は $N=8$ 、すなわち第1の光導波路1と第2の光導波路2が $N+1=9$ 箇所においてそれぞれ結合率可変方向性結合器3a~3iで結合されている例を示したものである。光導波路1および2は方向性結合器3a~3iによって、それぞれ10個の区間1a~1j、2a~2jに区画されたと見ることができ、隣接する方向性結合器によって挟まれた光導波路1の各区間1b~1iの光路長は対応する光導波路2の各区間2b~2iの光路長と異なっている。さらに、隣接する方向性結合器によって挟まれた光導波路1の各区間1b~1iと対応する光導波路2の各区間2b~2iの少なくとも一方に位相制御器4a~4hが設けられている。本実施例では光導波路1側にのみ位相制御器が設けられている例を示している。光導波路1の端部1a、1jはそれぞれ入力部および出力部であり、同様に、光導波路2の端部2a、2jはそれぞれ入力部および出力部である。これら入力部の少なくとも一つおよび出力部の少なくとも一つには、光ファイバが接続される。四つの入出力部の少なくとも一つに光ファイバの分散を補償する分散補償器が設けられる。本実施例では光導波路1の入力部1aにのみ、周波数の変化によって相対遅延時間が線形に変化する分散補償器5を設けた例を示す。方向性結合器で挟まれた箇所の数 N が大きいほど補償効果が大きいが装置構成が複雑になる。一方、 N が小さいと補償効果が充分でない。 N の好ましい範囲は4から16である。

【0017】位相制御器4a~4hはその下部の光導波路を伝搬する光の位相を制御するものであり、公知のものを使用することができる。

【0018】図2および3は、図1に示した結合率可変方向性結合器3a~3jの構成例を示したものである。

【0019】図2に示した結合率可変方向性結合器は、2本の光導波路6および7を近接させて構成したもので、結合長を変化させることによって様々な結合率がえられる。

【0020】図3に示した結合率可変方向性結合器は、2本の光導波路8および9とこの2本の光導波路を複数の異なる位置で結合させる複数の近接部分10a~10dを有し、隣接する近接部分に挟まれた光導波路部、すなわち光導波路8bと9b、光導波路8cと9c、光導波路8dと9dは、光路長が等しく、隣接する近接部分に挟まれた2本の光導波路の少なくとも一方に位相制御器11a~11cを設けたものである。この例では、近接部分が4の場合を示し、また位相制御器は光導波路8側にのみ設けた例を示してある。位相制御器11a~11cを用いて光の位相を調整することができ、それによって任意の結合率が得られ、結合率可変方向性結合器と

して動作する。

【0021】図1において、Jinguij他の教示に従って、位相制御器4a~4hを用いて光導波路の位相調整を適切に行い、かつ結合率可変方向性結合器3a~3iの結合率を適切な値に設定することによって、(光導波路1a'(分散補償器5の出力側)あるいは光導波路2a)と(光導波路1jあるいは光導波路2j)間との特性として、群遅延時間特性を任意の周波数の関数に近似可能な素子を構成可能である(例えば、K. Jinguij他による“Synthesis of coherent two-port lattice-form optical delay-line circuit”

$$\tau_i(f) = a(f - f_0)^2 + d \quad (式1)$$

ただし、a:分散のスロープとファイバ長で決まる定数で符号は正、dは定数である。

【0024】図5は図1において、光導波路(1bと2b)、(1cと2c)、(1dと2d)、(1eと2e)、(1fと2f)、(1gと2g)、(1hと2h)、(1iと2i)との光路長差 $\Delta L = 0.517\text{m}$ 、光導波路の屈折率1.45とした場合に、図1の(光導波路1a'あるいは光導波路2a)と(光導波路※

$$\tau_{eq1}(f) = -a(f - f_1)^2 + b \quad (式2)$$

ただし、 f_1 :横軸の頂点を表す周波数、b:定数、である。

【0026】周波数の変化によって相対遅延時間が線形に変化する光ファイバの分散を補償する分散補償器の相★

$$\tau_{eq2}(f) = 2a(f_0 - f_1)f + c \quad (式3)$$

のように設定すると、図1の1aから入力して、1jあるいは2jから出力する光の相対遅延時間特性は(式1)~(式3)の和として以下の式で表される。

$$\begin{aligned} \tau_i(f) + \tau_{eq1}(f) + \tau_{eq2}(f) \\ = a(f_0^2 - f_1^2) + b + c \quad (\text{定数}) \end{aligned} \quad (式4)$$

従って、周波数によって変化しない相対遅延時間特性が得られることになり、図1の構成を用いて、高次分散の影響も含めた光ファイバの分散を補償可能なことがわかる。

【0029】なお、光ファイバの分散を補償する手段としては、分散補償ファイバ、チャープブラッググレーティング分散等化器、2モードファイバ分散等化器、Gires-Tournois干渉計分散等化器、ラティス構成分散等化器、トランスバーサル構成分散等化器等を用いることができる。

【0030】図6に示すラティス構成分散等化器は、周波数の変化によって相対遅延時間が線形に変化する光ファイバの分散を補償する手段の構成例の1つである。非対称マッハツェンダ型干渉計が5段縦続接続された例を示しており、光導波路12(12a~12g)、光導波路13(13a~13g)、結合率50%の方向性結合器14a~14f、位相制御器15a~15eとから構成されている。

*uit”, Journal of Lightwave Technology, vol. 13, No. 1, p. 73-82, January 1995参照)。

【0022】図4は零分散周波数が f_0 である光ファイバの、高次分散の影響も含めた相対遅延時間特性の計算例(光ファイバ長: $l = 150\text{km}$ 、光ファイバの分散のスロープ: $(0.06\text{psec/nm}^2/\text{km})$)を示す。相対遅延時間特性 $\tau_i(f)$ は、次式で表されるように、周波数 f に対し下に凸な2次曲線になる。

【0023】

【数1】

※1jあるいは光導波路2j)間との特性として実現可能な相対遅延時間特性の計算例である。相対遅延時間特性は周波数に対し上に凸な2次曲線にほぼ近似されており、以下の相対遅延時間特性 $\tau_{eq1}(f)$ が実現可能となる。

【0025】

【数2】

★相対遅延時間特性 $\tau_{eq2}(f)$ を、cを定数として、

【0027】

【数3】

☆【0028】

【数4】

【0031】図6において、位相制御器15a~15eを適切に調整することによって非対称マッハツェンダ型干渉計のアームの位相調整を行った場合、(光導波路12aあるいは13a)と(光導波路12gあるいは13g)間の特性として、周波数に対して群遅延時間が線形に増加するあるいは減少する遅延素子を構成可能である(例えば、K. Takiguchi他による“Planar lightwave circuit optical dispersion equalizer”, IEEE Photonics Technology Letters, vol. 6, No. 1, p. 86-88, January 1994参照)。

【0032】図7は図6の構成で実現可能な、周波数に対して線形に変化する群遅延時間特性の一例を示す。図6において、光導波路12bと13bとの光路長差 $\Delta L_1 = 4.276\text{mm}$ 、(光導波路12cと13c)、(光導波路12dと13d)、(導波路12eと13e)との光路長差 $\Delta L_2 = 7.483\text{mm}$ 、光導波路1

2 fと13 fとの光路長差 $\Delta L_1 = 3.207\text{mm}$ 、光導波路の屈折率1.45の場合の計算値である。

【0033】位相の調整によって、実線および点線で示す二つの特性が得られるが、いずれの場合にも相対周波数 -10GHz から 10GHz の間で周波数に対して線形な群遅延特性が得られる。

【0034】図8に本発明による光分散等化器の第2の実施例を示す。本実施例は、第1の光導波路16 (16 a~16 j)、第2の光導波路17、1本 (本実施例では8本) の光導波路18 a~18 hからなる光導波路群18、光導波路群18の8本の光導波路18 a~18 hをそれぞれの一端部18 a1~18 h1の側で第1の光導波路16の異なる箇所結合する8個の結合率可変方向性結合器3 a~3 h、光導波路群18の8本の光導波路18 a~18 hのそれぞれ他端部18 a2~18 h2から入力された信号をまとめて第2の光導波路17に出力する合流器19、光導波路群18の8本の光導波路18 a~18 hのそれぞれの方向性結合器3 a~3 hと合流器19の間に設けられた位相制御器4 a~4 hを有する光導波回路の入力部である光導波路16 aに光ファイバの分散を補償する分散補償器5が設けられている。光導波路群を構成する光導波路の数1が多いほど補償効果が大きいが装置構成が複雑になる。一方、本数1が少ないと補償効果が充分でない。本実施例では光導波路群として8本の光導波路を例示したが、好ましい光導波路数は4から16である。また、分散補償器5が光導波路16の入力側に設けられている例を示したが、分散補償器は光導波路16の入力側および出力側光導波路17の少なくとも一方に設けられればよい。

【0035】結合率可変方向性結合器3 a~3 hは前述したように図2および図3に示した構成を使用できる。位相制御器4 a~4 hおよび分散補償器5はすでに説明したとおりである。

【0036】図9および図10に合流器19の構成例を示す。

【0037】図9に示した合流器は方向性結合器を用いて構成したもので、8本の光導波路を1本の光導波路にまとめる例を示している。隣り合う光導波路20 aと20 b、20 cと20 d、20 eと20 f、20 gと20 hがそれぞれ方向性結合器21 a、21 b、21 c、21 dによって結合され、各方向性結合器の出力側の一方の光導波路20 jと20 k、20 nと20 oがそれぞれ方向性結合器21 eと21 fで結合される。方向性結合器21 eと21 fの出力側の一方の光導波路20 rと20 sが方向性結合器21 gによって結合される。このように、8本の光導波路20 a~20 hを伝搬してきた光は3段の方向性結合器21 a~21 gによってまとめられ、光導波路20 u、20 vから出力される。光導波路20 a~20 hをそれぞれ図8の光導波路18 a~18 hの他端部18 a2~18 h2に接続し、光導波路20

uまたは20 vを図8の光導波路17に接続すればよい。

【0038】図10に示した合流器はY分岐導波路を用いて構成するものである。この図では8本の光導波路を1本の光導波路にまとめる合流器の例を示している。光導波路22 a~22 o、3段のY分岐導波路23 a~23 g、とから構成されており、光導波路22 a~22 hが入力部として用いられ、22 oが出力部分として用いられる。

【0039】図8において、結合率可変方向性結合器3 a~3 hの結合率を適切な値に設定しかつ位相制御器4 a~4 hを用いて光導波路の位相調整を適切に行うことによって、光導波路16 b (分散補償器5の出力側) と光導波路17間との特性として、群遅延時間を任意の周波数の関数に近似可能な素子を構成可能である (例えば、K. Sasayama他による“Coherent optical transversal filter using silica-based waveguides for high-speed signal processing”, Journal of Lightwave Technology, vol. 9, No. 10, pp. 1225-1230, October 1991参照) ので、周波数に対して上に凸な2次式にほぼ近似される相対遅延時間特性を得ることが可能である。そのため図8において、周波数の変化によって相対遅延時間が線形に変化する光ファイバの分散を補償する分散補償器5を備えることによって、光ファイバの周波数に関して下に凸な2次式で表される群遅延時間特性は上記の光回路の光導波路16 bと光導波路17間で実現可能な特性が補償し、周波数に対して線形に変化する群遅延時間特性は上記の分散補償器5が担担して補償することにより、実施例1について説明したのと同様に、光ファイバの分散の影響を高次分散の影響を含めて補償することが可能となる。

【0040】図11に本発明の光分散等化器と光源を組み合わせた実施例を示す。本実施例は、光導波路24 a~24 e、光源25、図1に示した光分散等化器26から構成される。図11の光導波路24 b、24 c、24 d、24 eはそれぞれ図1の1 a、2 a、1 j、2 jに対応している。

【0041】前述したように光分散等化器26は、光ファイバの分散を高次分散の効果も含めて補償可能である。光分散等化器26は線形な素子であるので、その設置位置は全光線形伝送路の送信光源と受信受光器の間であればどこでもよい。そのため光分散等化器26の前段に光源25を設置することにより、光伝送路の分散の影響をあらかじめ光伝送路の前段で補正可能な光源の構成が可能となる。

【0042】なお光源としては、半導体レーザ、固体レーザ、ガスレーザ等すべてが使用可能であるが、半導体

レーザを光導波路にハイブリッド集積して設置する方法が最も一般的である。

【0043】図12に本発明の光分散等化器と光源を組み合わせた他の実施例を示す。本実施例は、光導波路27a~27c、光源28、図8に示した光分散等化器29から構成される。図12の光導波路27a、27cはそれぞれ図8の16a、17に対応している。

【0044】前述したように光分散等化器29は、光ファイバの分散を高次分散の効果も含めて補償可能である。光分散等化器29は線形な素子であるので、その設置位置は全光線形伝送路の送信光源と受信受光器の間であればどこでもよい。そのため光分散等化器29の前段に光源28を設置することにより、光伝送路の分散の影響をあらかじめ光伝送路の前段で補正可能な光源の構成が可能となる。

【0045】本発明の実施例の光分散等化器を構成する光導波路部分の作製は、石英系ガラス光導波路を用いて行った。まずSi基板上に火炎堆積法によってSiO₂下部クラッド層を堆積し、次にGeO₂をドーパントとして添加したSiO₂ガラスのコア層を堆積した後に、電気炉で透明ガラス化した。次に図1、図8、図11、図12に示すようなパターンを用いてコア層をエッチングしてコア部分を作成した。最後に、再びSiO₂上部クラッド層を堆積し透明ガラス化し、さらに所定の光導波路上に位相制御器としての薄膜ヒータおよび電気配線を蒸着した。

【0046】なお本発明光分散等化器を構成する光導波路部分は、ガラス光導波路に限らず、強誘電体光導波路、半導体光導波路、およびポリマー光導波路等を用いて実現できることは明らかである。またいくつかの種類30の導波路を組み合わせたハイブリッド構成を用いて実現できることも明らかである。また、本願発明の光分散等化器と光源を組み合わせれば、光伝送路の分散の影響を予め補正した光源が提供できる。

【0047】

【発明の効果】以上、実施例に基づいて具体的に説明したように、本発明の光分散等化器は分散を有する光ファイバを伝搬して歪を受けた信号を光信号のままで高次分散の効果も補償して波形整形することを可能とする。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光分散等化器の第一の実施例の構成図である。

【図2】結合率可変方向性結合器の構成例を示す図である。

【図3】結合率可変方向性結合器の構成例を示す図である。

【図4】光ファイバの相対遅延時間特性の計算例を示す線図である。

【図5】光分散等化器の特性計算例を示す線図である。

【図6】ラティス構成分散等化器の構成例を示す図である。

【図7】ラティス構成分散等化器の相対遅延時間特性の計算例を示す線図である。

【図8】本発明による光分散等化器の第2の実施例の構成図である。

【図9】合流器の構成例を示す図である。

【図10】合流器の構成例を示す図である。

【図11】本発明の光分散等化器を光源と組み合わせた実施例の第1の構成図である。

【図12】本発明の光分散等化器を光源と組み合わせた実施例の第2の構成図である。

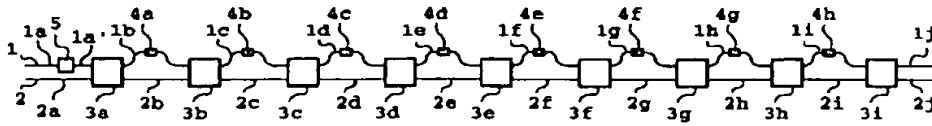
【図13】従来のマイクロ波ストリップラインを用いた分散等化器の構造を示す図である。

【図14】マイクロ波ストリップラインの伝搬遅延特性を示す線図である。

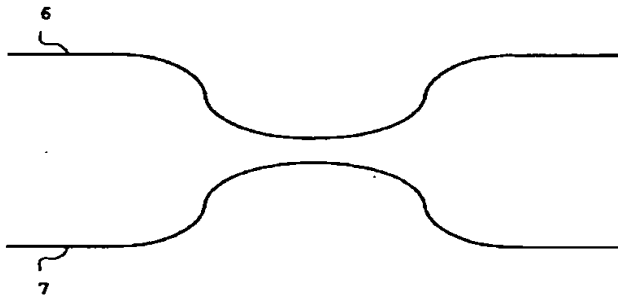
【符号の説明】

- 1, 1a~1j 光導波路
- 2, 2a~2j 光導波路
- 3a~3i 結合率可変方向性結合器
- 4a~4h 位相制御器
- 5 分散補償器
- 6, 7 光導波路
- 8, 8a~8e 光導波路
- 9, 9a~9e 光導波路
- 10a~10d 近接部分
- 11a~11c 位相制御器
- 12, 12a~12g 光導波路
- 13, 13a~13g 光導波路
- 14a~14f 方向性結合器
- 15a~15e 位相制御器
- 16, 16a~16j 光導波路
- 17 光導波路
- 18 光導波路群
- 18a~18h 光導波路
- 19 合流器
- 20a~20v 光導波路
- 21a~21g 方向性結合器
- 22a~22o 光導波路
- 23a~23g Y分岐導波路
- 24, 24a~24c 光導波路
- 25 光源
- 26 光分散等化器
- 27, 27a~27c 光導波路
- 28 光源
- 29 光分散等化器
- 31 誘電体
- 32a, 32b 金属導体

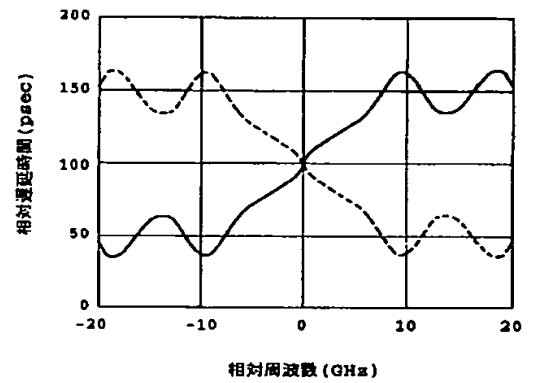
【図1】



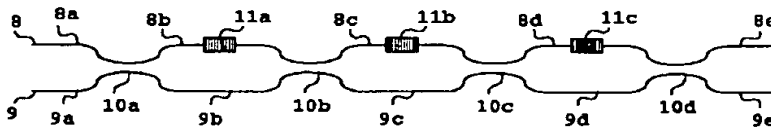
【図2】



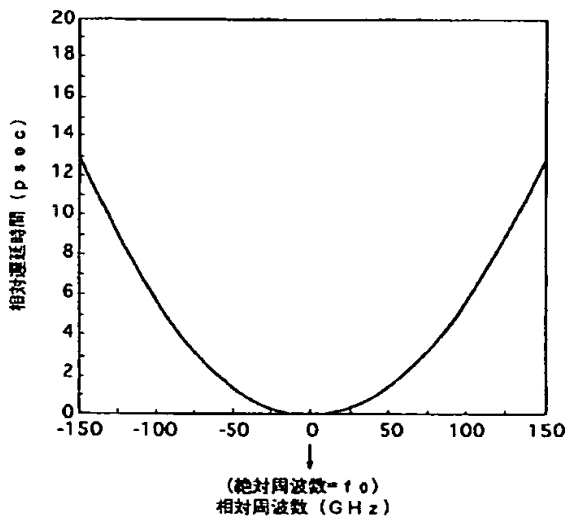
【図7】



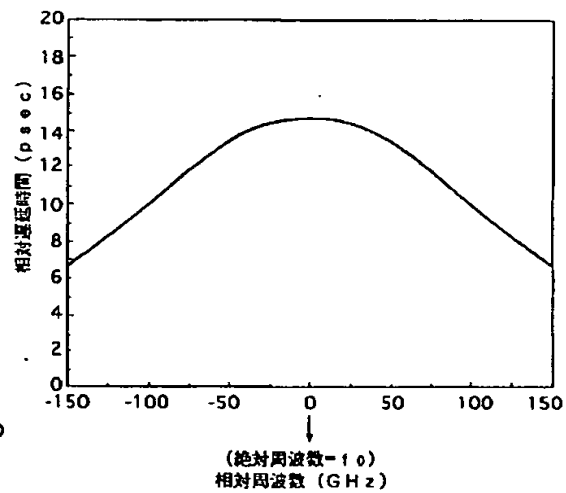
【図3】



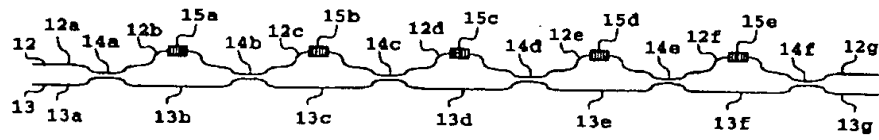
【図4】



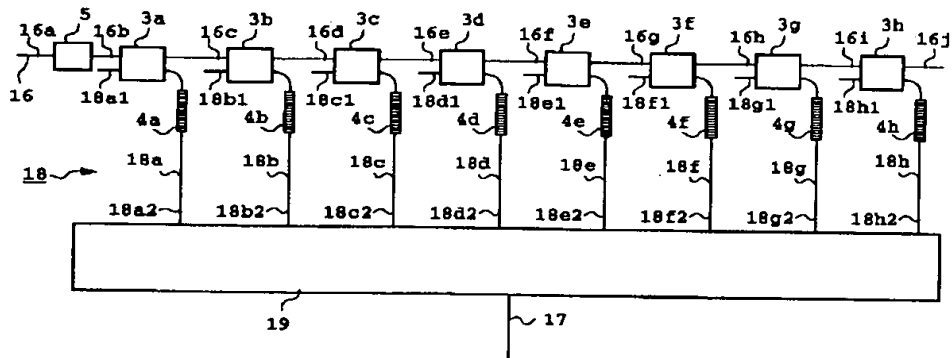
【図5】



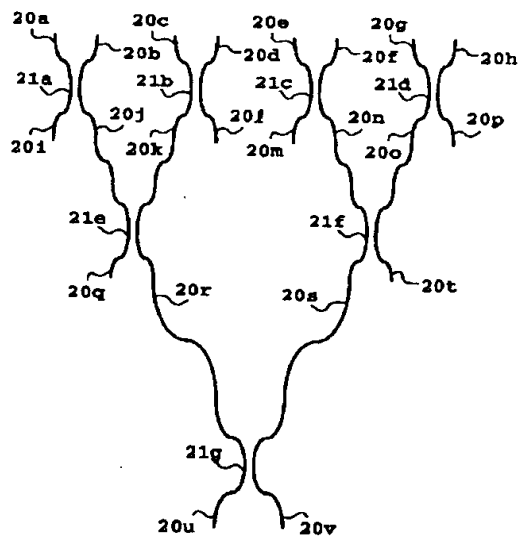
【図6】



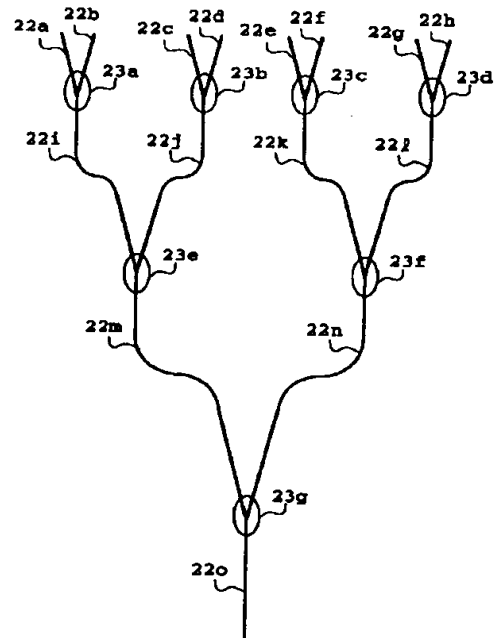
【図8】



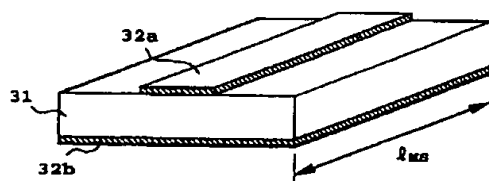
【図9】



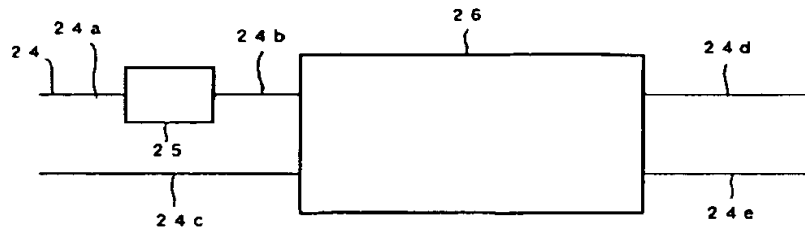
【図10】



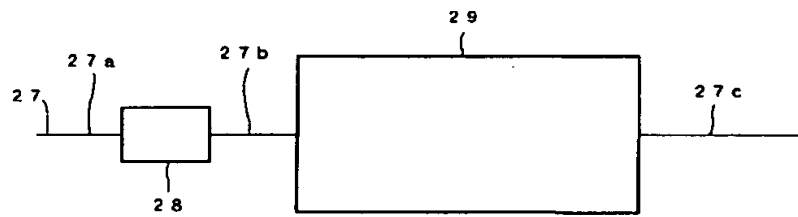
【図13】



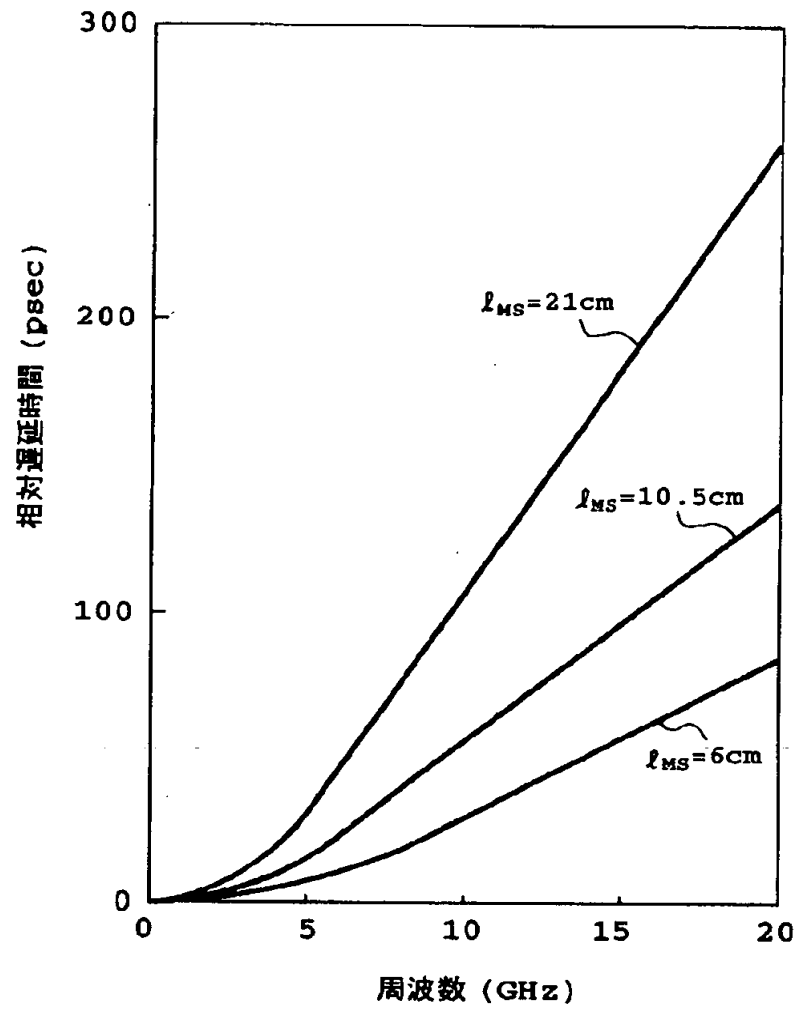
【図 1 1】



【図 1 2】



【図14】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)